Geométricas

Estas características son básicamente su diámetro, altura o paso y distancia de fuga, que de hecho, dependiendo del diseño afectan a las características eléctricas; así por ejemplo, estas características establecen las diferencias entre los llamados aisladores ***"estándar"*** y los denominados ***"tipo niebla".***

Eléctricas

Las características geométricas fijadas, deben ser suficientes para garantizar el comportamiento esperado de las cadenas de aisladores, a las sobretensiones que se presentan en la instalación; ya sea por rayo, a la frecuencia del sistema o por maniobra de interruptores.

Mecánicas

Debido a que los aisladores de una línea de transmisión constituyen el elemento mecánico de soporte, la confiabilidad de las mismas depende en buena medida del buen funcionamiento mecánico de sus aisladores y herrajes; motivo por el que se debe verificar también su compatibilidad con los herrajes y poner atención en la especificación de los aisladores, sobre los siguientes factores:

- El tipo de acoplamiento (de bola y rótula).
- Carga electromecánica en Kg. o libras.
- Carga de prueba a tensión. (Kg.)
- Prueba de carga – tiempo. (Kg.)

De acuerdo con las características principales de los aisladores, descritas brevemente con anterioridad, se establecen los

aspectos más relevantes que deben aparecer en las especificaciones; que son los que aparecen a continuación. También se dan las características generales de los aisladores de vidrio y porcelana.

Características mecánicas

Resistencia combinada electromecánica

Este concepto está limitado a los aisladores de suspensión, y se define como el esfuerzo de tracción axial, que aplicado al aislador y sometido al mismo tiempo a una tensión eléctrica a la frecuencia industrial del 90% de la tensión crítica de iniciación del arco en seco; determina la perforación eléctrica y la rotura mecánica del aislador.

Resistencia de carga sostenida-tiempo

Esta prueba está limitada a los aisladores de suspensión, ya sea en un elemento o en cadenas completas, y se define como el máximo esfuerzo de tensión axial que el elemento o la cadena puede soportar durante 24 horas consecutivas, sin romperse ni perforarse en una sucesiva prueba eléctrica; en la cual los aisladores se ven sometidos durante cinco minutos a una tensión a la frecuencia industrial, no inferior al 95% del valor, que determina las descargas superficiales.

Resistencia a la tensión

Se define como el esfuerzo necesario que determina la rotura del aislador. Para los aisladores de suspensión, se considera una solicitación a la tracción axial; en cambio, para los aisladores

rígidos, es una solicitación a la flexión, producida por un esfuerzo normal al eje del aislador.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Tensión de flameo en seco o en húmedo, a baja frecuencia.

Se define como la máxima tensión a frecuencia industrial que un aislador o una cadena de aisladores puede soportar en seco o bajo lluvia, durante un minuto, sin la iniciación del arco eléctrico o perforación.

TENSIÓN DE PRUEBA A BAJA FRECUENCIA:

- Tensión de perforación a baja frecuencia.

  Se define como la tensión a la frecuencia industrial, que es necesario aplicar a un aislador completamente sumergido en aceite, para provocar la perforación.

- Tensión de flameo al impulso (V50%).

  Se define como la tensión al impulso -con onda de tensión positiva o negativa, de 1.2/50 microsegundos-, que aplicada a un aislador o a la cadena de aisladores, determina la iniciación del arco en el 50% de los impulsos aplicados.

TENSIÓN MÁXIMA DE RADIO INTERFERENCIA A 1000 KHz, EXPRESADA EN MICRO VOLTS.

- Radio interferencia.

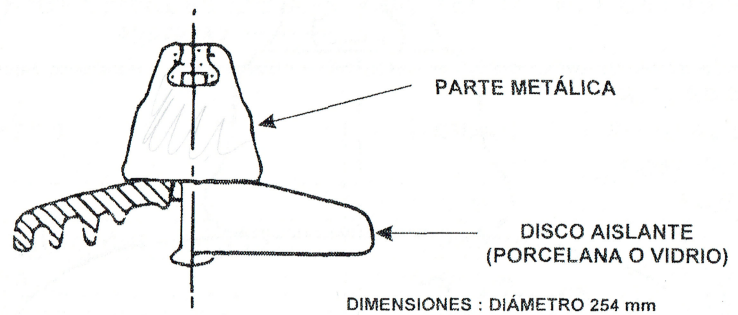
Las perturbaciones radioeléctricas, producidas por el efecto corona, tienen interés para su estudio, en tensiones superiores a los 220 kV, en el caso de las líneas de transmisión de la CFE a 230 kV. Al problema de las perturbaciones radioeléctricas, se le debe dar particular atención en las zonas densamente pobladas; ya que la calidad en la recepción está vinculada con la relación señal / ruido. Estas perturbaciones provienen casi siempre del efecto corona. El nivel de perturbaciones, se expresa generalmente en decibeles (dB), y se puede calcular de acuerdo con la expresión.

$$dB = 20 \log \frac{V1}{V0}$$

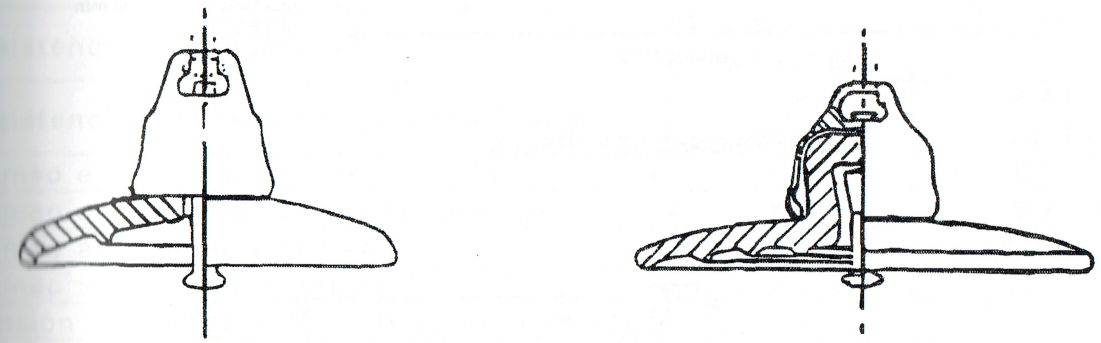
Donde **V0** es la tensión de referencia, y se toma por lo general como 1 microvolt. En una línea de transmisión, la tensión de perturbación corresponde a la suma cuadrática.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE AISLADORES DE VIDRIO.

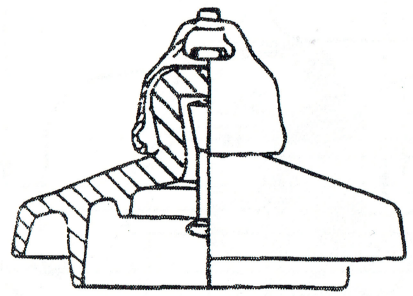
CONCEPTOS	UNIDAD	AISLADORES NORMALES DE VIDRIO TEMPLADO	AISLADORES ANTIHUMO DE VIDRIO TEMPLADO
Paso del aislador.	mm	146	146
Diámetro exterior de la falda del aislador	mm	254	254
Distancia mínima de fuga.	mm	279	420
Factor de forma.		1.91	2.87
Resistencia combinada electromecánica.	N	1112000 (11340)	111200 (11340)
Resistencia al impacto.	N-CM (KGF-CM)	700 (69)	1000 (104)
Resistencia a la tensión, durante 3 seg.	N (KGF)	55600 (5670)	55600 (5670)
Resistencia de carga sostenida de campo.	N (KGF)	66700 (6804)	66700 (6804)
Flameo en seco a baja frecuencia.	KV	80	100
Flameo al impulso positivo.	KV	125	150
Flameo al impulso negativo.	KV	130	155
Tensión de perforación a baja frecuencia.	KV	110	130
Tensión de prueba a baja frecuencia.	KV	10	10
Tensión máxima de radio interferencia, a 1000 kHZ.	Microvolt.	50	50
Pérdidas por efecto corona, en tiempo seco.	Watts.	2	2
Pérdidas por efecto corona, en tiempo húmedo.	Watts.	10	10



DISCO ESTÁNDAR

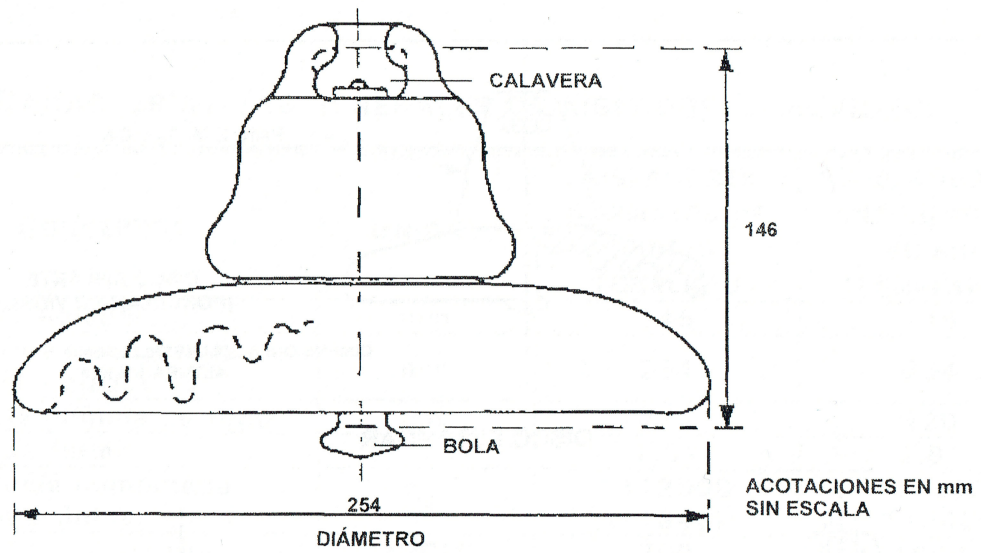


DISCOS TIPO PLANO

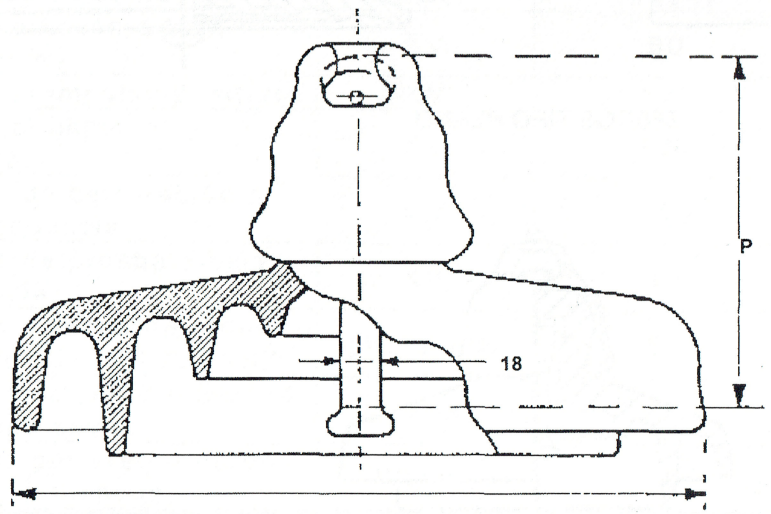


TIPO ANTINIEBLA

AISLADORES PARA FORMAR CADENAS



A) DIMENSIONES GENERALES



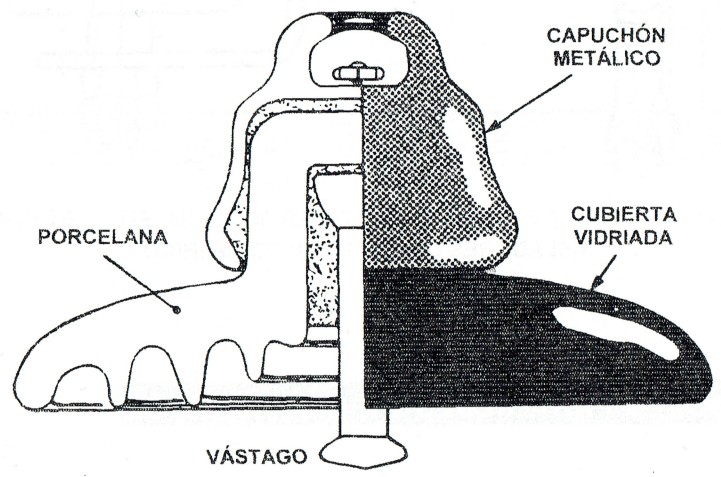
B) CORTES

ACOTACIONES EN mm
SIN ESCALA

AISLADOR TIPO ESTÁNDAR

Características generales de aisladores de porcelana

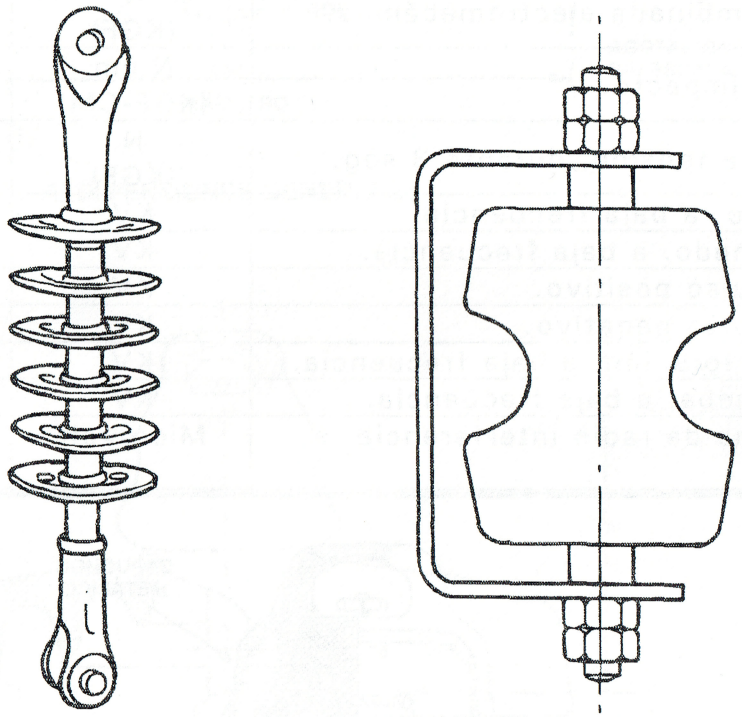
Conceptos	Unidad	Aisladores normales de porcelana
Paso del aislador.	mm	146
Diámetro exterior de la falda del aislador.	mm	254
Distancia mínima de fuga.	mm	279
Longitud total de la distancia de fuga.	mm	279
Factor de forma.		1.91
Resistencia combinada electromecánica.	N (KGF)	160200 (16330)
Resistencia al impacto.	N-cm (KGF-CM)	1000 (104)
Resistencia a la tensión, durante 3 seg.	N (KGF)	106800 (10886)
Flameo en seco, a baja frecuencia.	KV	80
Flameo en húmedo, a baja frecuencia.	KV	50
Flameo al impulso positivo.	KV	125
Flameo al impulso negativo.	KV	130
Tensión de perforación, a baja frecuencia.	KV	110
Tensión de prueba, a baja frecuencia.	KV	10
Tensión máxima de radio interferencia, a 1000 kHZ	Microvolt	50



VISTA SECCIONAL DE UN AISLADOR TIPO SUSPENSIÓN

1.7.1. Aisladores tipo polimérico

Existen aplicaciones en ciertos casos de líneas de transmisión, por ejemplo, en torres compactas tubulares usadas en zonas urbanas o con derecho de vía restringido, o bien en áreas con alto índice de contaminación, en que resulta conveniente usar aisladores que no sean de vidrio o porcelana; en estos casos, se recomienda el uso de los llamados aisladores con material polimérico.

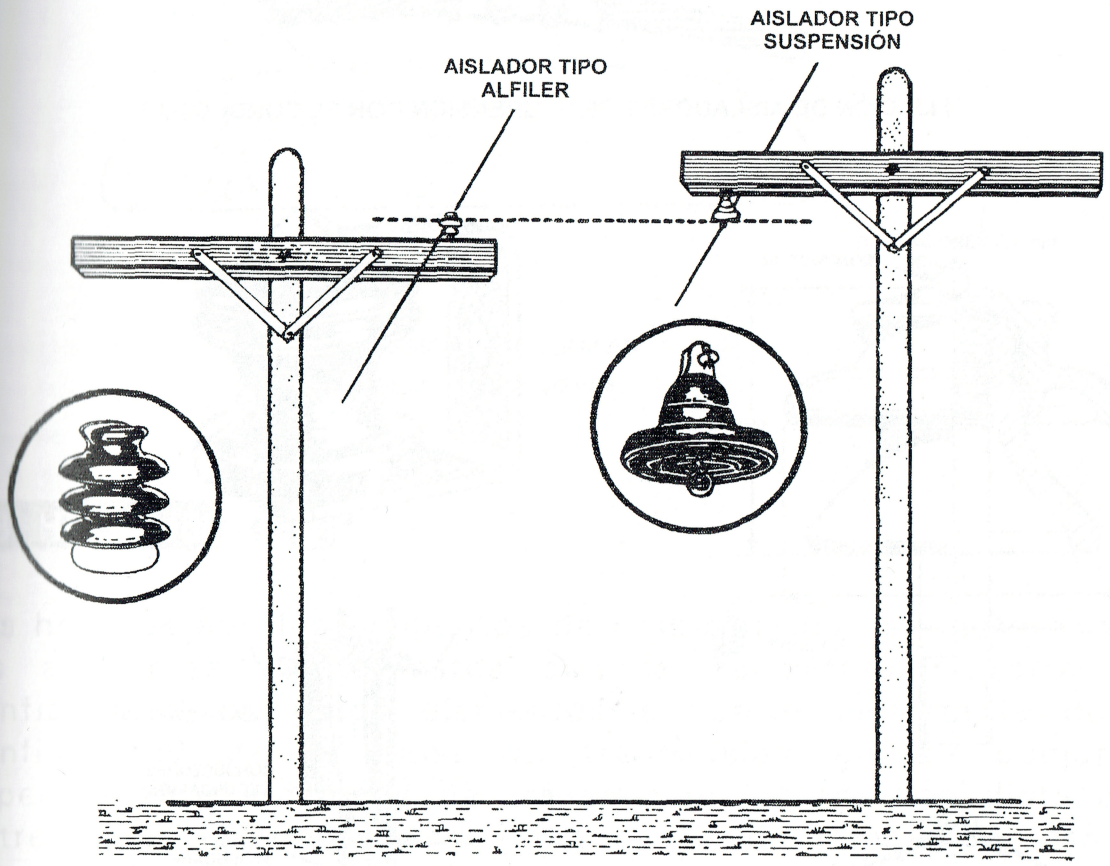


AISLADORES DE MATERIAL POLIMÉRICO

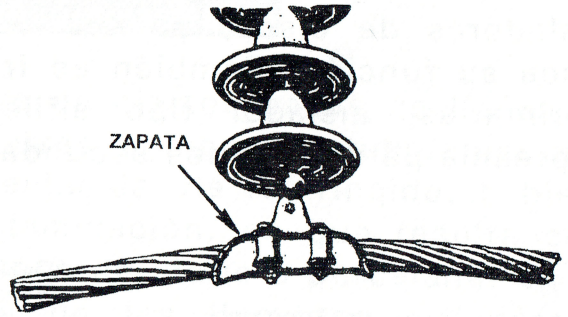
1.7.2. Aisladores para redes de distribución

Las redes de distribución aéreas generalmente usan como estructuras de soporte a los postes (de concreto, acero o madera) y también estructuras tipo H, en ambos casos se usan

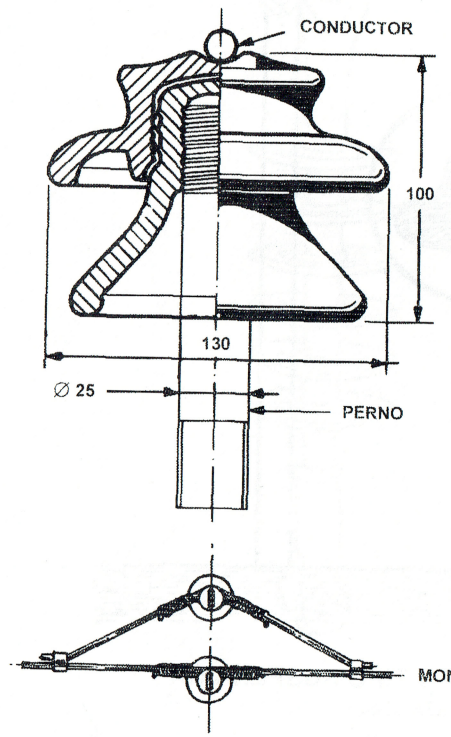
los llamados aisladores de disco, ya sea como suspensión o tensión, según sea su función. También es frecuente encontrar en las redes primarias, aislador tipo alfiler para las redes primarias y tipo presilla para las redes secundarias.



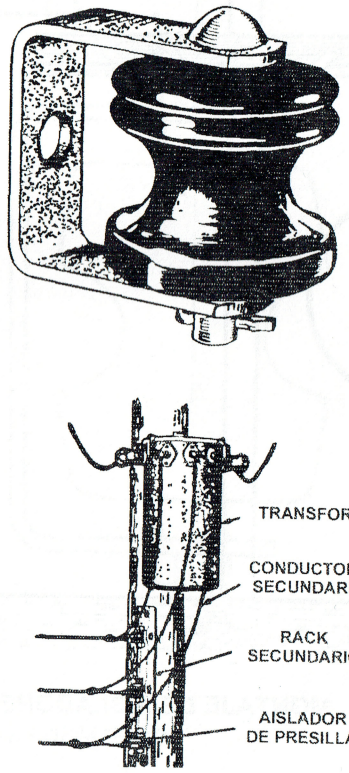
MONTAJE DE AISLADORES TIPO ALFILER Y TIPO SUSPENSIÓN



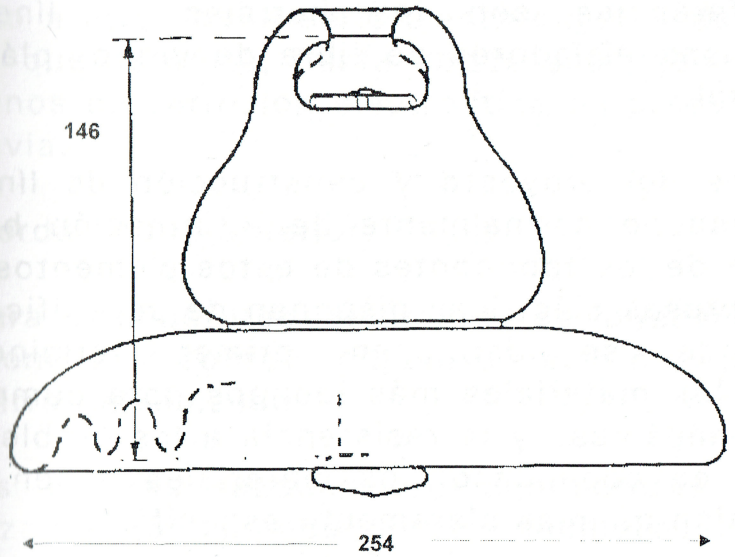
FIJACIÓN DE AISLADORES DE SUSPENSIÓN CON EL CONDUCTOR



AISLADOR TIPO ALFILER



AISLADOR TIPO PRESILLA



ACOTACIONES EN mm
SIN ESCALA

DIMENSIONES GENERALES
AISLADOR TIPO NIEBLA

1.0 HERRAJES

Los herrajes son los elementos de unión de los conductores con los aisladores, y de éstos con la estructura o torre. La confiabilidad de estos elementos es parte importante de la confiabilidad de la línea de transmisión en su conjunto, especialmente en líneas de transmisión largas, con distancias entre torres -claros- grandes; considerando también el uso de más de un conductor por fase.

La experiencia de operación y construcción de líneas de transmisión, han permitido la fabricación de distintos tipos de herrajes y accesorios, necesarios para la construcción de las líneas eléctricas.

Existen diferencias entre el tipo de herrajes y accesorios usados en las líneas de transmisión aéreas, que emplean aisladores de disco y las líneas que usan aisladores rígidos; también, existen

desde luego, diferencias con los herrajes de líneas de transmisión, que usan aisladores de fibra de vidrio, plástico o polímeros en general.

Para los propósitos del proyecto y construcción de líneas de transmisión, se dispone normalmente de información bastante detallada por parte de los fabricantes de estos elementos; y por lo general, las empresas eléctricas disponen de especificaciones normalizadas donde se dan, en primer término, las características de los materiales más idóneos para cumplir con las solicitaciones mecánicas y la resistencia a los problemas de corrosión; ya que en cada caso, los materiales deben ser de calidad y composición química claramente especificada.

Las características mecánicas de los herrajes se refieren comúnmente a la carga mínima de ruptura a la tracción del conductor, a la cual se van a destinar; de esta manera, los arreglos para suspensión simple o múltiple deben presentar una carga de ruptura, respectivamente del 60% y del 80% de la carga mínima de ruptura del conductor a la tracción. Los arreglos de remate sencillo, un 110% de esta carga de ruptura y los arreglos de remate doble, un 130% de la misma carga.

Los materiales constitutivos de los herrajes deben ser por sí mismos resistentes a la corrosión provocada por los agentes atmosféricos, lo cual se puede lograr por medio de un tratamiento superficial conveniente (recubrimiento de zinc, cromado, anodizado, recubrimiento con cadmio, o algún otro tipo de tratamiento); todas las partes metálicas no resistentes a la corrosión, y para los cuales no resulta aplicable el revestimiento protectivo, se deben recubrir convenientemente con grasas neutras.

Se debe verificar que en el ensamble de los herrajes, no exista en ningún caso la posibilidad de que estén en contacto entre si metales distintos que ocupan posiciones distantes, uno con

respecto a otro, en la serie electroquímica de los elementos; de manera que se evite, hasta donde sea posible, la presencia de fenómenos de corrosión electrolítica en presencia de humedad o bajo lluvia.

De acuerdo con lo anterior:

- Para conductores de cobre, se pueden usar herrajes de bronce, de cobre – níquel, o fierro cromado, pero nunca de fierro galvanizado.

Por las mismas razones, en conductores que llevan acero galvanizado, no se deben usar conectores de cobre, mientras que en los conductores de acero y aluminio galvanizado (ACSR), el comportamiento es óptimo; debido a que los dos metales, aluminio y zinc, son contiguos en la serie electroquímica. En este caso, los herrajes deben ser a base de aluminio o de acero galvanizado.

Todos los herrajes se deben construir libres de imperfecciones, con superficies uniformes y con perfiles que den ángulos con radios de curvatura, suficientes como para reducir al mínimo, los fenómenos de efluvios. (corona)

Los principales herrajes usados en las líneas de transmisión, son los siguientes:

1.8.1 Herrajes para unión de cables

Los conductores de las líneas de transmisión se suministran, por lo general, en grandes carretes para conductores sencillos, con algunos centenares de metros. Durante la construcción, se requieren normalmente longitudes muy superiores a los de los carretes, por lo que es necesario realizar uniones en los cables.

Estas uniones deben cumplir básicamente con una doble función, que es la de asegurar una buena conductividad eléctrica, cuando menos a la del conductor por unir; y además, una buena resistencia mecánica contra el "Deshilamiento" y el "Deslizamiento", entre las dos capas que la unión debe conectar, al menos a un valor del 95% de la carga de ruptura del conductor (los mismos valores de conductividad eléctrica y de resistencia mecánica, se deben obtener con los herrajes de amarre).

En la actualidad, se prefiere el uso de las llamadas uniones a compresión, que permiten obtener la máxima garantía de seguridad y de estabilidad de las características mecánicas. Estos herrajes deben estar libres del efecto corona y de radio interferencia.

Estos herrajes para uniones de cables, se disponen básicamente en dos tipos:

1. Empalmes a compresión.
2. Conectores paralelos.

1.8.2 Separadores

El empleo de conductores múltiples en cada fase de las líneas de transmisión, presenta algunas complicaciones constructivas y de montaje de los propios conductores y del equipo de suspensión y de amarre asociado; por otra parte, resultan incrementadas las solicitaciones debidas al viento y a las sobrecargas de hielo y nieve.

No obstante, el uso de más de un conductor por base en las líneas de transmisión de alta tensión, ofrece las siguientes ventajas:

a) Una sensible reducción, a igualdad de sección total de los conductores y al igual distancia, entre las fases del grado máximo de tensión en el espacio circulante.

b) Una reducción de las pérdidas por efecto corona y de los disturbios a las telecomunicaciones.

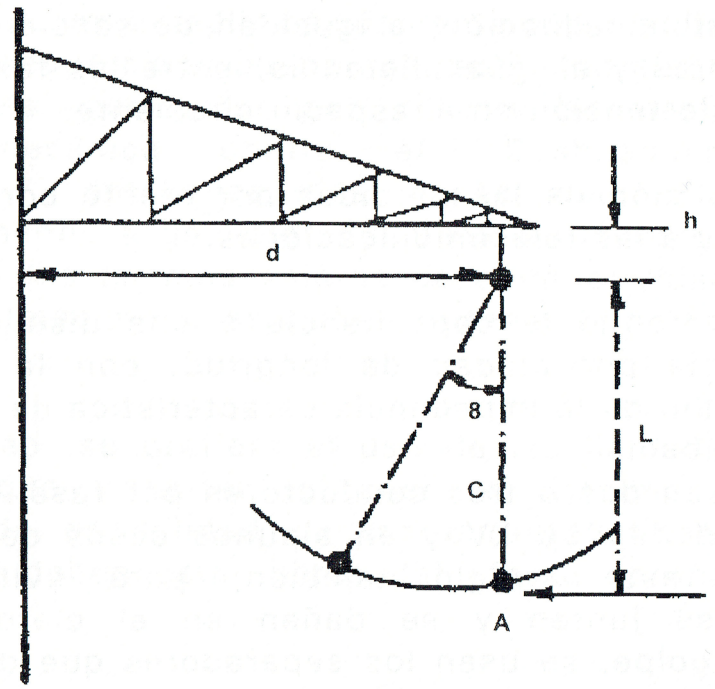
c) Un aumento de la capacitancia y una disminución de la inductancia por unidad de longitud, con la consecuente disminución de la impedancia característica de la línea.

En México, usan dos o tres conductores por fase, en las líneas de transmisión de 400 kV y en algunos casos de 230 kV, es posible usar este arreglo también, para evitar que los conductores se junten y se dañen en el claro. Debido al rozamiento o golpe, se usan los separadores que deben cumplir con los siguientes requisitos.

- Resistir los esfuerzos mecánicos.
- Soportar los esfuerzos, debidos a las corrientes de corto circuito.

1.8.3 Amortiguadores de vibraciones tipo stockbrigde

Los conductores de una línea eléctrica en los claros interpostales, se encuentran bajo la acción del viento, que sopla en sentido normal a la línea. Para una línea equipada con aisladores en suspensión, como se muestra en la siguiente figura, es evidente que el conductor A en la cadena C, bajo la acción de viento, se desplaza con respecto a la vertical AB, en cierto ángulo X, que puede alcanzar valores del orden de 30°.



Las dimensiones de d, L y h, varían según sea la tensión de transmisión y la estructura de la línea.

La acción del viento, aún cuando sopla con velocidades pequeñas, del orden de 10 a 30 kM/hora, es motivo de preocupación, ya que producen pequeñas vibraciones de frecuencia elevada en los conductores.

La amplitud de este movimiento vibratorio, puede alcanzar valores tales que produzcan fatiga en los conductores, en la cercanía de los remates y puntos de sujeción, con peligro de rotura.

Para prevenir estas oscilaciones en las líneas de alta tensión, se adoptan:

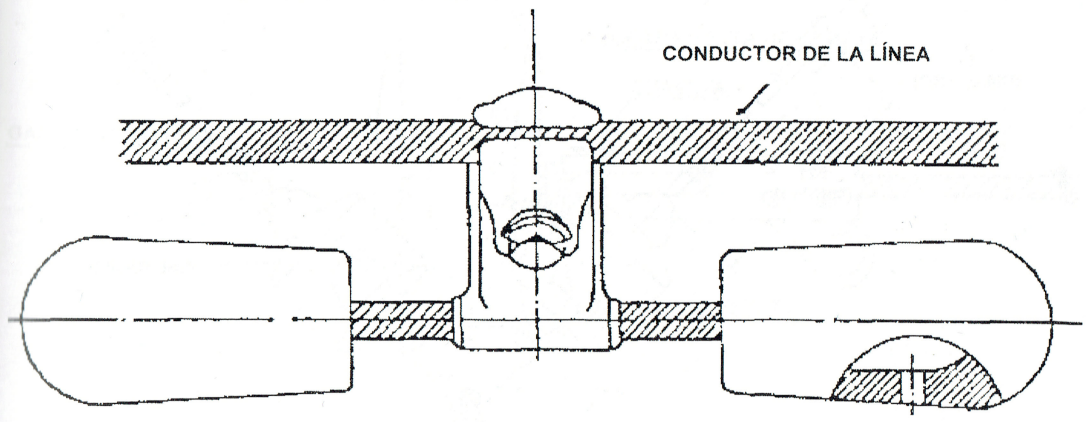
- ✓ Herrajes ligeros no anudados. (atornillados).
- ✓ Amortiguadores stockbridge.

Los herrajes de suspensión atornillados, llamados también anti vibratorios, son de construcción corta y ligeros, con el punto de oscilación sobre el eje del conductor. Tienen tornillos en los dos sentidos normales entre sí, de manera que la onda de vibración pueda pasar de un claro a otro alternativamente, dado que dos claros sucesivos, no presentan, casi nunca, características mecánicas iguales.

Los amortiguadores de vibraciones stockbridge, están constituidos de dos masas cilíndricas, unidas entre si, por un tramo corto de acero, que se une al conductor por medio de un herraje adaptado.

La instalación de este tipo de amortiguadores se hace a una distancia relativamente pequeña, con respecto a los herrajes de suspensión. El peso de los amortiguadores, varía según el diámetro del conductor, y es del orden de 4 a 5 Kg.

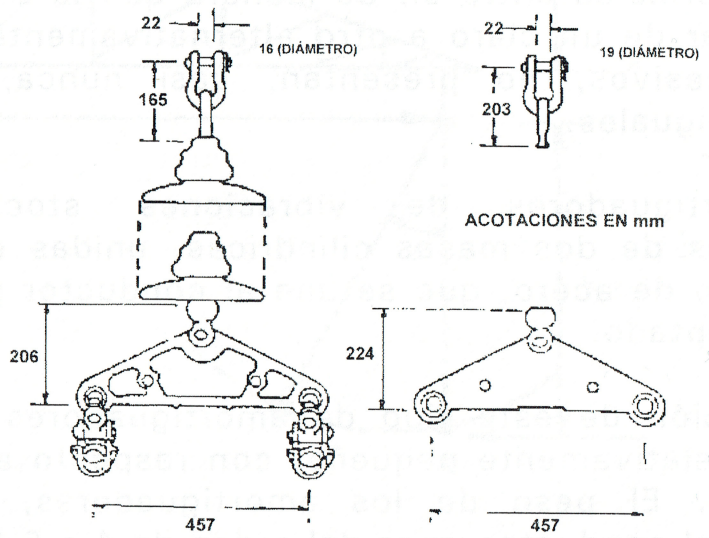
El objetivo del amortiguado, es el de interrumpir la frecuencia de las vibraciones del conductor; teniendo su propia frecuencia de un valor diferente.



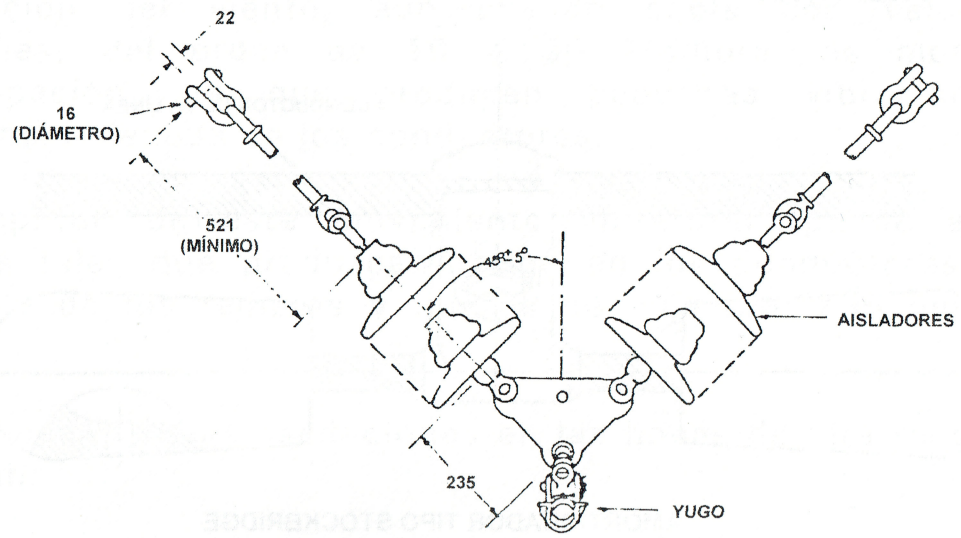
AMORTIGUADOR TIPO STOCKBRIDGE

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

ENSAMBLES PARA CADENAS DE AISLADORES

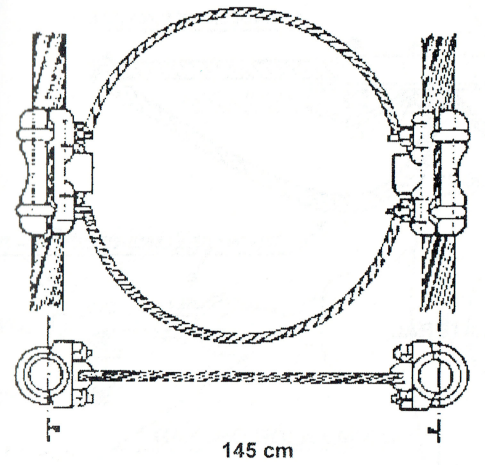


CADENA I (VERTICAL) PARA DOS CONDUCTORES / FASE

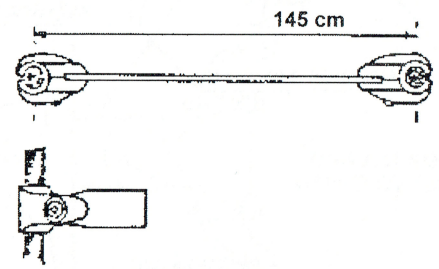


CADENA EN "V" PARA UN CONDUCTOR / FASE

SEPARADOR FLEXIBLE PARA DOS CONDUCTORES / FASE

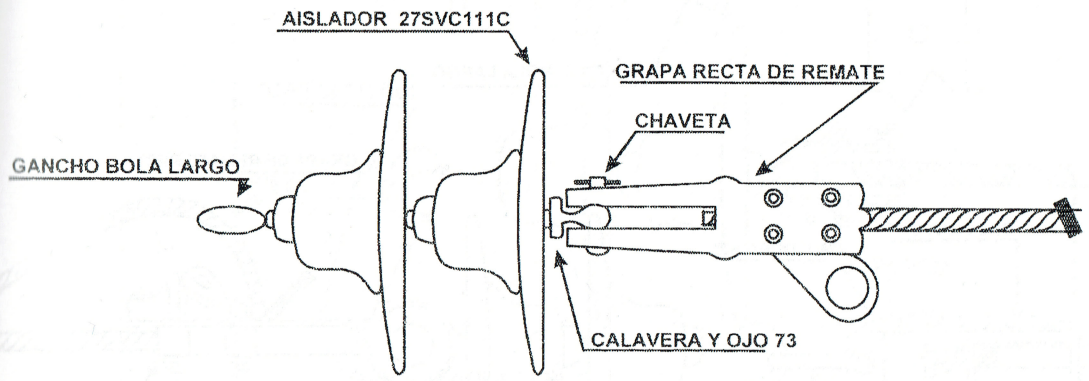


SEPARADOR RÍGIDO PARA DOS CONDUCTORES / FASE

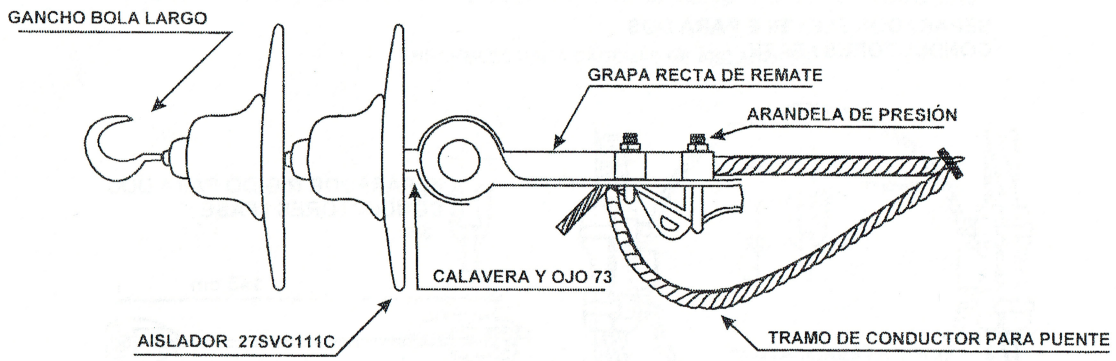


HERRAJES DE LÍNEAS

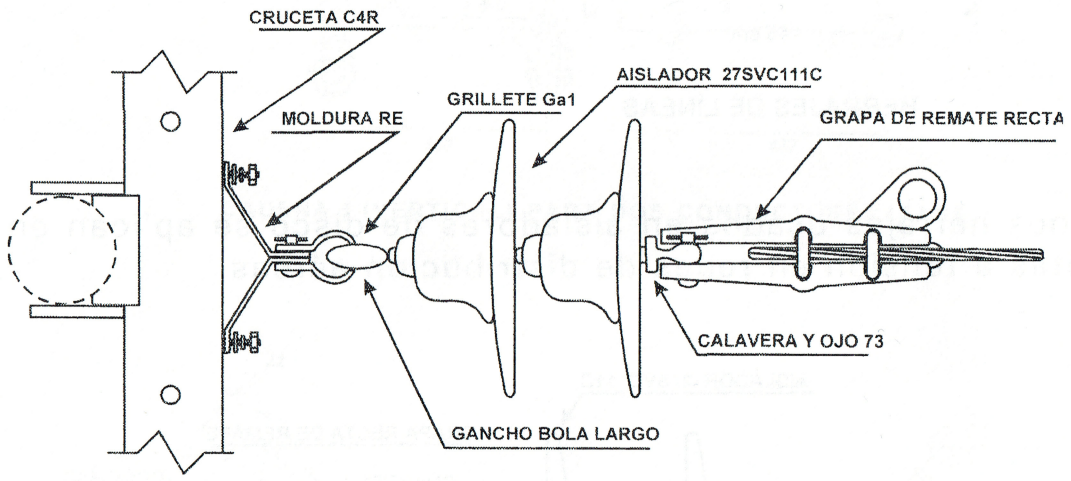
Algunos herrajes usados en aisladores de disco se aplican en los remates a tensión en redes de distribución aéreas.

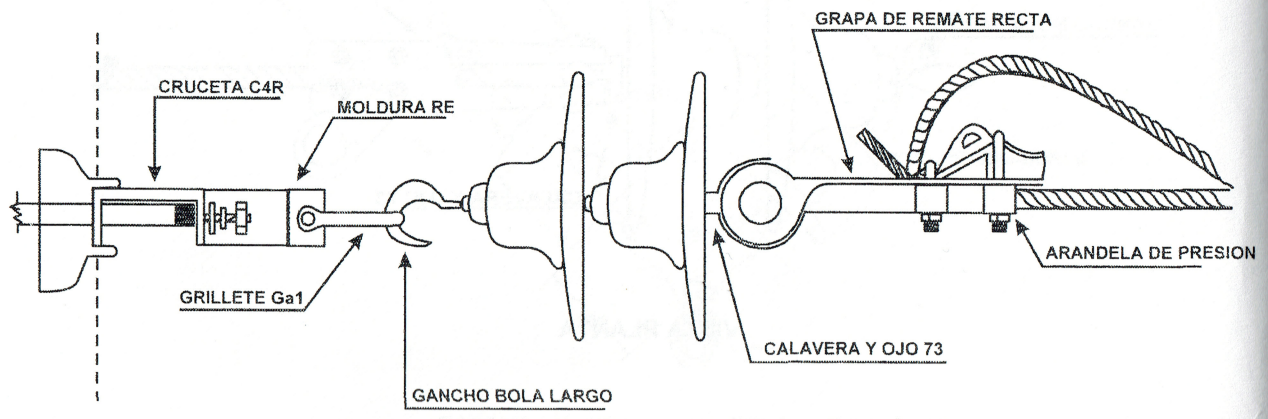


VISTA PLANTA

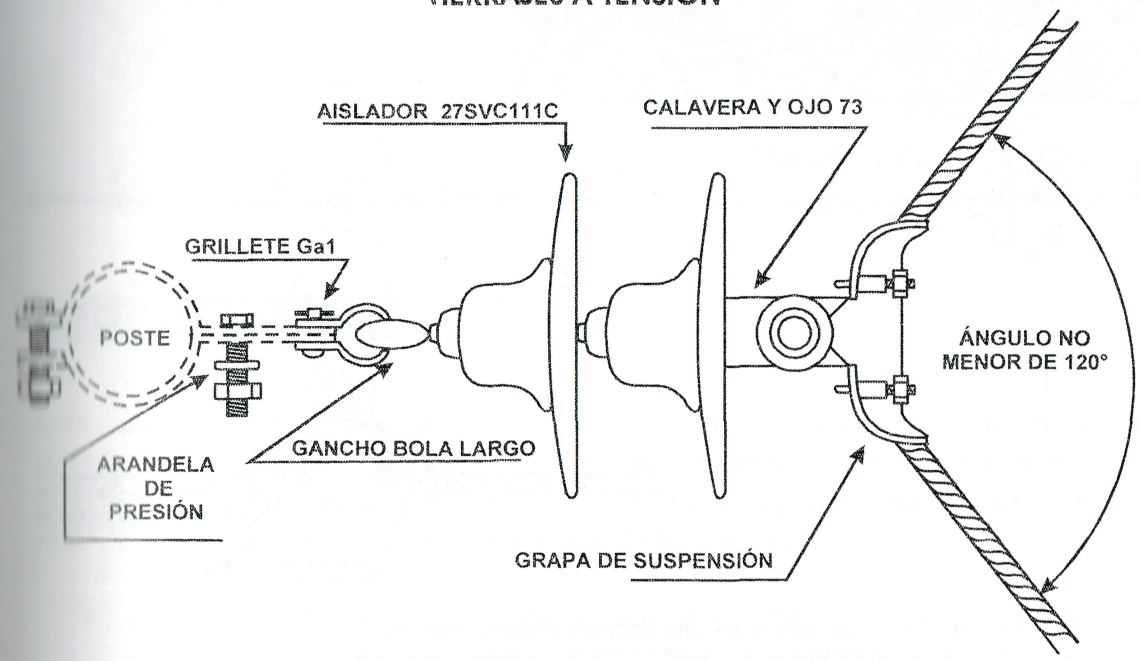


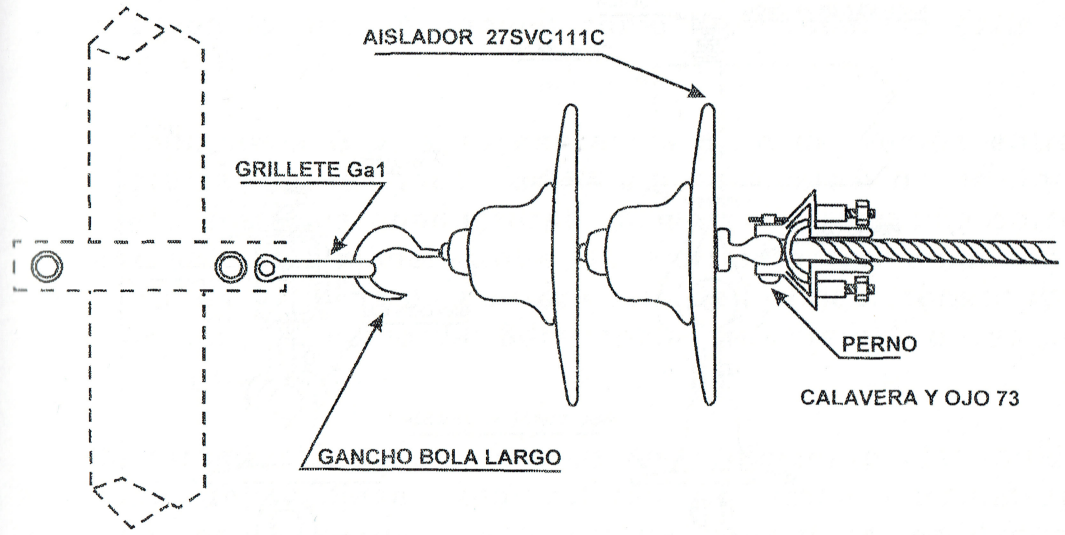
VISTA LATERAL

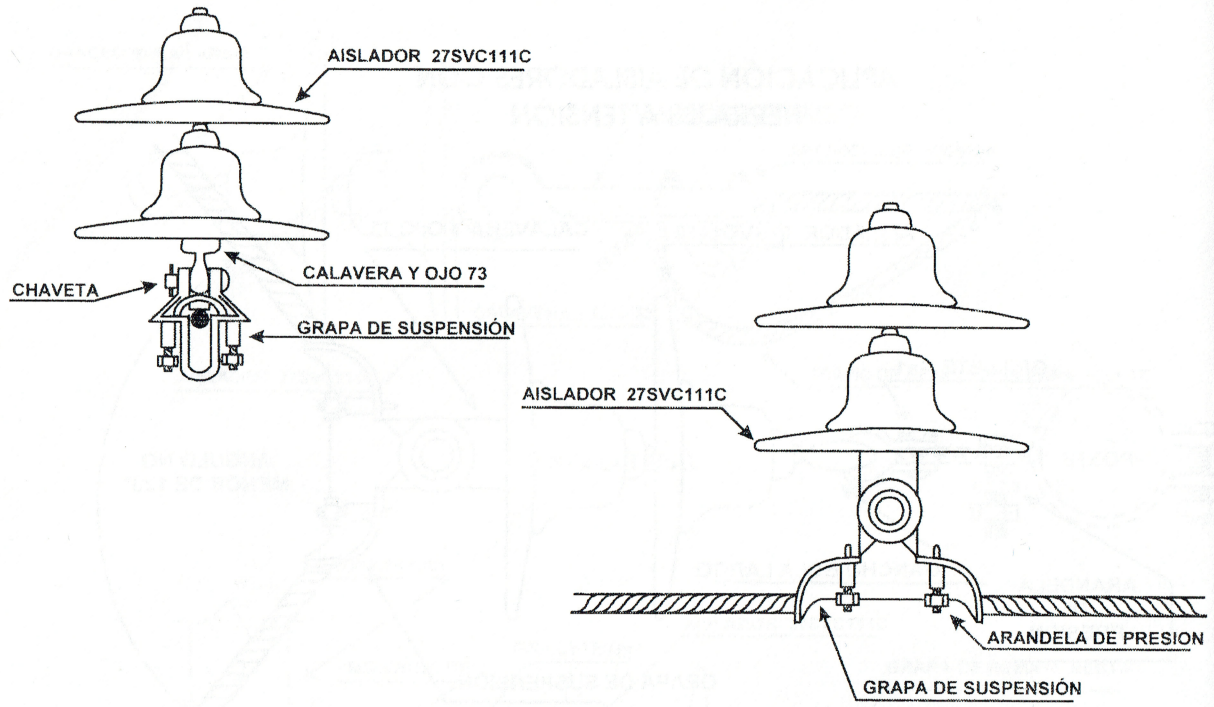




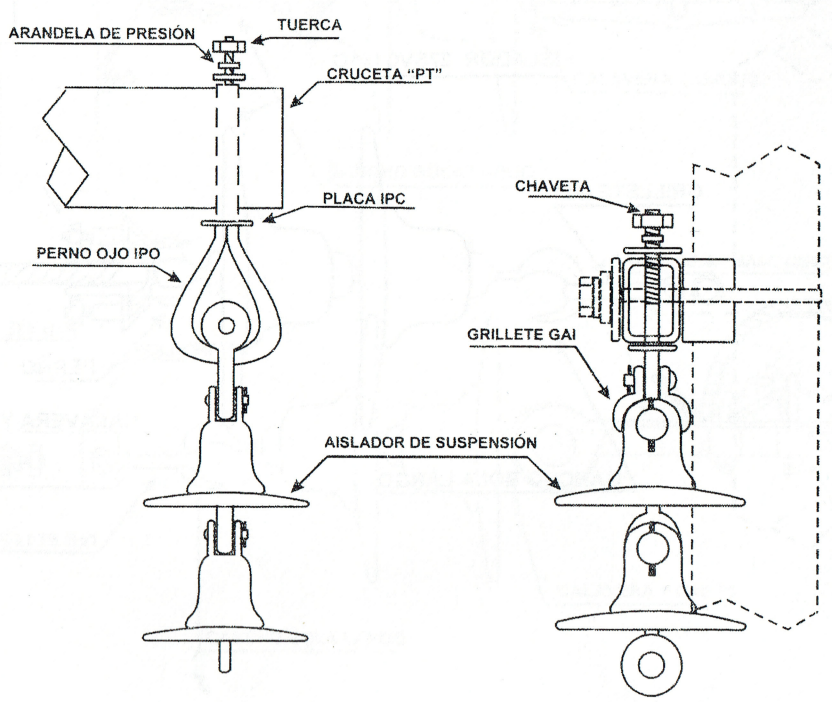
APLICACIÓN DE AISLADORES CON HERRAJES A TENSIÓN







MONTAJE DE AISLADORES EN SUSPENSIÓN
EN POSTES DE REDES DE DISTRIBUCIÓN AEREAS



2 LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y REDES DE DISTRIBUCIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN

Los parámetros de una línea de transmisión o de una red de distribución que influyen sobre los valores de la tensión y de la corriente, al principio y al final de la propia línea, y en parte de la red en la cual se encuentran conectados, son:

- La resistencia R y la reactancia X de los conductores por los que circula la corriente, que determina la caída de tensión, de manera que la tensión varía de un punto a otro de la línea, constituyen lo que se conoce como la impedancia serie de la línea: $Z = R + jX$.

- La conductancia G y la susceptancia B en derivación entre los conductores de la línea, que bajo la acción de la tensión existente entre los conductores mismos absorben una corriente transversal, de manera que la corriente principal en los conductores varía de un punto a otro de la línea; constituyen lo que se conoce como la admitancia transversal de la línea: $\gamma = G + j\,B$.

- Estos parámetros se encuentran uniformemente distribuidos a lo largo de la línea. Los valores de estos parámetros se refieren, por lo general, a 1 Km de línea y se les denomina: **"CONSTANTES FUNDAMENTALES DE LA LÍNEA"**, y son aplicables a los alimentadores primarios de las redes de distribución.